

# 机车车辆空气调节系统 第2部分：舒适度

## 1 范围

本文件规定了用于公共交通服务的干线铁路（单层或双层）、城市/市郊车辆的旅客区域或车厢等实现舒适性的一般方法。

本文件还规定了客室、包间和局部附属空间舒适性的设计条件、性能指标和测量方法。

本文件不适用于司机室，但可参考使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3095—2012 环境空气质量标准

GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB/T 14295—2019 空气过滤器

GB/T XXXX.1 机车车辆空气调节系统 第1部分：术语与定义

GB/T XXXX 城市轨道交通车辆 空调系统

ISO 7726:1998 热环境的人类工效学 物理量测量仪器 (Ergonomics of the thermal environments-Instruments for measuring physical quantities)

## 3 术语和定义

GB/T XXXX.1 界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 旅客列车的种类

### 4.1 总要求

根据平均乘客旅行时间和相邻车站之间的平均时间，将旅客列车分为三类。I类车和II类车的设计条件、舒适性和试验要求应按本文件规定执行，III类车的设计条件、舒适性和试验要求应按GB/T XXXX的规定执行。

#### 4.2 I 类车（例如主干线、城市间、长距离、高速列车）

该类别旅客列车通常用于主要城市和/或地区之间的长途运输服务，车上设有厕所和餐饮服务设施。客车内部通常配有间距舒适、配置合理的座椅，并由内端门与通过台隔开，部分列车设置卧铺车厢。乘客的平均旅行时间通常超过30min，连续车站停靠之间的平均时间通常为15min~30min或更长。

#### 4.3 II 类车（例如郊区、通勤、区域性的列车）

该类别旅客列车通常用于城市和郊区之间或沿线较小社区之间或郊区带外缘的中距离交通服务。客车内部通常配备高密度座椅，站立乘客的空间比例有限。乘客的平均旅行时间通常超过20min，连续车站停靠之间的平均时间通常为5min~15min。

#### 4.4 III 类车（例如市区、轻轨火车、电车、地铁列车）

该类别旅客列车通常用于高密度城市客运服务。客车内部通常配备有限的座位，并为站立乘客提供相应的大空间。乘客的平均旅行时间通常小于20min，连续车站停靠之间的平均时间通常为1min~5min。

### 5 设计条件

#### 5.1 外部设计条件

##### 5.1.1 参数

设计时应考虑以下参数：

- 温度及对应的相对湿度；
- 太阳辐射；
- 海拔；
- 列车运行速度。

##### 5.1.2 温度及对应的相对湿度

不同气候区的冬季气候设计条件见表1，夏季设计条件见表2，表3所示气候区的地区分类仅作为参考。

表 1 冬季气候设计条件

单位为摄氏度

冬季	最低外部温度
I区	-10
II区	-25
III区	-40

表2 夏季气候设计条件

夏季	最高外部温度 °C	相对湿度	等效太阳辐射强度 W/m <sup>2</sup>
I区	+40	46%	800
II区	+35	60%	700
III区	+28	50%	600

表3 气候区

地区	冬季气候区	夏季气候区	地区	冬季气候区	夏季气候区
北京	II区	II区	上海	I区	I区
天津	II区	II区	合肥	I区	I区
石家庄	II区	II区	杭州	I区	I区
济南	II区	II区	南昌	I区	I区
西安	II区	II区	福州	I区	I区
郑州	II区	II区	台北	I区	I区
拉萨*	II区	II区	昆明*	I区	II区
乌鲁木齐	III区	II区	贵阳	I区	I区
哈尔滨	III区	III区	成都	I区	I区
长春	III区	III区	重庆	I区	I区
沈阳	III区	III区	武汉	I区	I区
呼和浩特	III区	III区	长沙	I区	I区
太原	III区	III区	广州	I区	I区
银川	III区	III区	南宁	I区	I区
西宁*	III区	III区	海口	I区	I区
兰州	III区	III区	香港	I区	I区
南京	I区	I区	澳门	I区	I区

注：标注\*，高海拔地区的等效太阳辐射强度按 800W/m<sup>2</sup> 计算。

### 5.1.3 太阳辐射

仅在夏季考虑太阳负荷，等效太阳辐射强度见表2和表3。若上述值不可用，建议与水平方向成30度角的太阳能辐射强度为700W/m<sup>2</sup>。

### 5.1.4 海拔

整个运行路线的海拔高度应予以考虑。若试验场所比实际运行场所海拔低，且差别大于 1000 米，应考虑制冷量的减少。

### 5.1.5 列车速度

冬季条件应考虑列车最高运行速度，夏季条件考虑列车零速度。

## 5.2 极端外部条件

设备应能够在以下极端温度下运行：

- a) 冬季低于外部设计温度5K、夏季高于外部设计温度5K；
- b) 如果设备位于底架下面，则夏季高于外部设计温度10K。

## 5.3 内部设计条件

### 5.3.1 内部得热

夏季应计入如下所列的内部得热：

- 电器柜；
- 电气装置；
- 餐饮设备；
- 人员数量（乘客/乘务员；每人热负荷）；
- 新风量。

在冬季，宜考虑新风量、人员及电器设备的散热量。

乘客热负荷应基于均匀分布的、给定乘客数量（例如超过座椅数量/站立）的条件下进行评估。

### 5.3.2 温度及对应的相对湿度

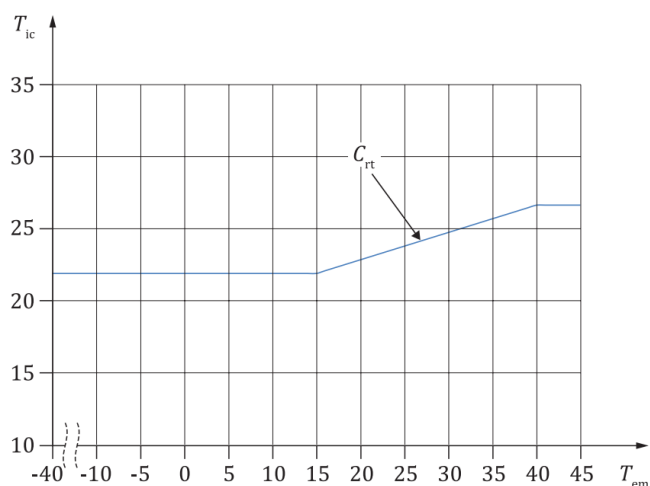
宜选择使用表 4 中与 5.1.2 的气候设计条件对应的内部设计温度和相对湿度值。

表 4 内部设计温度及对应的相对湿度

外部设计温度 ℃	I 类车		II 类车	
	内部设计温度 ℃	内部设计相对湿度	内部设计温度 ℃	内部设计相对湿度
-40	16	—	16	—
-25	20	—	18	—
-10	20	—	18	—
0	22	—	20	—
28	25	65%	26	65%
35	26	65%	27	61%
40	27	61%	28	58%

## 6 内部设定温度 (Tic)

宜按照图 1、图 2 所示设置内部设定温度或恒定内部设定温度。



说明:

$T_{em}$ ——平均外部温度 (°C);

$T_{ic}$  ——内部设定温度 (°C);

$C_{rt}$  ——推荐内部设定温度曲线;

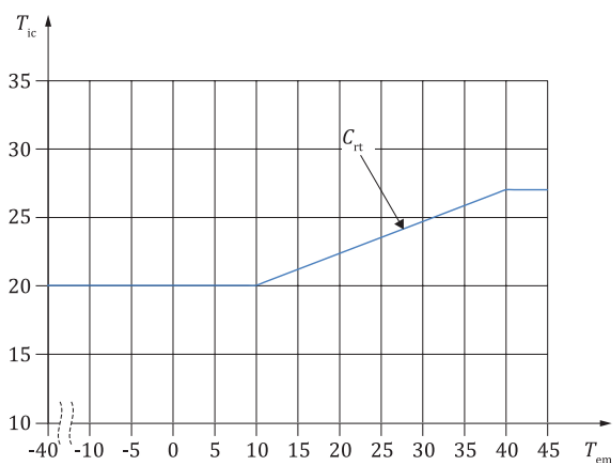
注 推荐的内部设定温度曲线公式

$$-40^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 15^{\circ}\text{C}: T_{ic} = 22^{\circ}\text{C}$$

$$15^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 40^{\circ}\text{C}: T_{ic} = 22 + 5/25 \times (T_{em} - 15) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$40^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 45^{\circ}\text{C}: T_{ic} = 27^{\circ}\text{C}$$

图 1 内部设定温度曲线 (I 类车)



注 推荐的内部设定温度曲线公式

$$-40^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 10^{\circ}\text{C}: T_{ic} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$10^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 40^{\circ}\text{C}: T_{ic} = 22 + 7/30 \times (T_{em} - 10) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$40^{\circ}\text{C} \leq T_{em} < 45^{\circ}\text{C}: T_{ic} = 27^{\circ}\text{C}$$

图 2 内部设定温度曲线 (II 类车)

## 7 舒适度参数

### 7.1 概述

除预冷或预热阶段之外，舒适参数至少应考虑下列事项：

——舒适区域的内部空气温度，包含：

- 平均内部温度范围；
- 水平温度范围；
- 垂直温度范围；

——舒适区域的相对湿度；

——舒适区域表面温度；

——舒适区域风速；

——局部附属区域内部温度；

——空气质量，包含：

- 进入舒适区的新风量；
- 空气微粒过滤；
- 内部区域间空气输送。

### 7.2 舒适区域温度

#### 7.2.1 平均内部温度范围

基于舒适区内部设定温度 ( $T_{ic}$ ) 的平均内部温度 ( $T_{im}$ )，温度变动范围应符合表 5 要求。

表 5 温度范围

列车类别	I 类车	II 类车
平均内部温度与内部设定温度的偏差 (K)	±1	±1.5
水平温差 (K)	2	4
垂直温差 (K)	3	6

在表 1 规定冬季气候区最低外部温度时，一半定员乘客且无太阳辐射的运行情况下，平均内部温度 ( $T_{im}$ ) 应符合表 4 的规定，卧铺车大于或等于 22℃。在高寒地区 (III 区) 使用的车辆，在最低外部温度下，平均内部温度 ( $T_{im}$ ) 不应低于 16℃。

#### 7.2.2 水平温差

距地面 1.1m 高度处的水平温差应符合表 5 要求，对于卧铺车和坐卧两用车的卧铺区域，温差不应大于 3K。

#### 7.2.3 垂直温差

车内同一断面上，距地板面 0.1m~1.7m 间的垂直温差应符合表 5 要求。

### 7.3 舒适区域相对湿度

舒适区域的空气的相对湿度应在附录 A 规定的范围内。

### 7.4 舒适区域表面温度

#### 7.4.1 车厢壁和车内顶板

制热时，相对于车内平均温度 ( $T_{im}$ )，车厢壁和车内顶板内表面的温度与车内平均温度 ( $T_{im}$ ) 间的温差不应大于以下数值：

- a) 单层列车：7K；
- b) 双层列车：10K。

#### 7.4.2 车窗

制热时，车窗玻璃的内表面温度不宜低于车内平均温度 ( $T_{im}$ ) 12K 以上，窗框的内表面温度不宜低于车内平均温度 ( $T_{im}$ ) 9K 以上。

#### 7.4.3 地板

预热结束 1h 后，地板的表面温度不应低于 8°C，预热结束 3h 后，无论外部温度如何，地板表面温度与车内平均温度 ( $T_{im}$ ) 间的温差不应大于 10K 以上。如果采用地板辐射制热，地板的表面温度应限定到 27°C 以下。

### 7.5 空气流速

舒适区内的风速应在附录 B 规定的范围内。稳态条件下，通过同一送风口的平均风速的变动范围应小于 ±20%。低速通风系统风速宜满足以下要求：

- a) 送风道内：5m/s~8m/s；
- b) 回风道内：3m/s~5m/s（对于车下回风道，可以按送风道的风速设计）；
- c) 距离送、回口 50mm 处：1m/s~3m/s。

### 7.6 局部附属空间温度

由于乘客在局部附属区域停留的时间很短，本文件只规定了附属区域空间内部温度的推荐值，见表 6。

表 6 局部附属区域的内部温度

位置	车辆类别	
	I 类车	II 类车
盥洗室、厕所和电话区	在距地面 1.1m 高处 $14^{\circ}\text{C} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 6\text{K}$	在距地面 1.1m 高处 $14^{\circ}\text{C} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 6\text{K}$
走廊	在距地面 1.7m 高处 $T_{ic} - 6\text{K} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 5\text{K}$	—
通过台	在距地面 1.7m 高处 <采暖> $10^{\circ}\text{C} \leq T_{im} \leq T_{ic}$ <制冷> $T_{im} \leq T_{ic} + 9\text{K}$ , 且不大于 $35^{\circ}\text{C}$	在距地面 1.7m 高处 <采暖> $10^{\circ}\text{C} \leq T_{im} \leq T_{ic}$ <制冷> $T_{im} \leq T_{ic} + 9\text{K}$ , 且不大于 $35^{\circ}\text{C}$
	在距地面 0.1m 高处 <采暖> $T_{im} \leq 4^{\circ}\text{C}$	在距地面 0.1m 高处 <采暖> $T_{im} \leq 4^{\circ}\text{C}$
育婴室	在距地面 1.1m 高处 $T_{ic} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 4\text{K}$	在距地面 1.1m 高处 $T_{ic} - 6\text{K} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 6\text{K}$
员工休息或办公区	在距地面 1.1m 高处 $T_{ic} - 3\text{K} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 3\text{K}$	在距地面 1.1m 高处 $T_{ic} - 3\text{K} \leq T_{im} \leq T_{ic} + 3\text{K}$
其他员工区域 餐饮服务区	带有餐饮负荷 在距地面 1.7m 高处 $T_{im} \leq 30^{\circ}\text{C}$	带有餐饮负荷 在距地面 1.7m 高处 $T_{im} \leq 30^{\circ}\text{C}$

## 7.7 送风口温度

送风口温度应满足以下要求:

- a) 制热时: 不超过  $45^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 预热时: 不超过  $65^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 预冷和制冷时: 不低于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

## 7.8 空气量

### 7.8.1 新风

I 类车的新风量应符合附录C的规定值, 定员时车内空气中二氧化碳的容积浓度最大不应大于0.15%, 超员的特殊情况下车内空气中二氧化碳的容积浓度最大不应大于0.25%。在高原地区运行下, 车内空气中二氧化碳的容积浓度最大不应大于0.3%。长隧道或连续隧道群的特殊情况下, 车内空气中二氧化碳的容积浓度最大不应大于0.5%。



II类车的新风量在定员载客量时不应小于人均 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。

紧急通风的新鲜空气应按照定员的100%及以上设计，I类车不应少于每人 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，II类车不应少于每人 $8\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 7.8.2 再循环空气

如果车辆的设计允许暂时封闭新鲜空气进气口，再循环空气系统应保证正常运行（即使在循环空气量下降的情况下）。

### 7.8.3 车上饮食服务区的通风

饮食服务区和空气调节系统的设计应能防止气味传入舒适区。

### 7.8.4 卫生装置的通风

为防止气味散发，厕所应比其他区域的气压低，卫生装置排出的所有气体应直接排至车外。

## 7.9 空气微粒过滤

过滤的目的是去除新风和/或回风中的浮尘等有害颗粒。

宜采用 GB/T 14295-2019 中规定的粗效 3 效率级别及以上的过滤器，车内空气中的灰尘含量应小于等于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 8 补充要求

### 8.1 控制装置

列车每节车厢均应配备控制装置以达到规定的舒适度参数。

在第7章和第8.2条规定的性能范围内，应能通过控制装置单独改变各舒适区的温度设置而不影响其它区域，该控制装置的最小调节范围为第7章规定的设置温度 $\pm 2\text{K}$ （坐卧车为 $+2\text{K}$ 和 $-4\text{K}$ ）。

控制装置从一个设定位置转换到另一个设定位置，产生的变化宜不应大于 $1\text{K}$ 。

对于车厢或包间，当改变一个或多个控制装置的设定值时，其它舒适区的平均内部温度（ $T_{im}$ ）应保持在允许的公差范围内。

### 8.2 预热和预冷性能

#### 8.2.1 预热

预热结束时，平均内部温度（ $T_{im}$ ）应大于或等于 $18^\circ\text{C}$ 。

预热时间宜小于或等于 $70\text{min}$ 。

#### 8.2.2 预冷

预冷结束时，平均内部温度（ $T_{im}$ ）不应大于28°C。

预冷时间宜小于或等于70min。

太阳辐射强度应符合GB 50019中的规定。

### 8.3 传热系数（适用于静止车辆）

#### 8.3.1 总传热系数

总传热系数（ $k$ ）应小于等于表7中规定的值。

表7 静止车辆的总传热系数

气候区	车辆	
	1级 $W/(m^2 \cdot K)$	2级 $W/(m^2 \cdot K)$
冬季		
I	2	2.5
II	1.6	2.5
III	1.2	2.0

对总传热系数要求较高的车辆应采用1级,对总传热系数要求不高的车辆可采用2级。

#### 8.3.2 通过台的传热系数

通过台的传热系数（ $k$ ）不宜大于8.3.1规定的值 $1W/(m^2 \cdot K)$ 以上。

### 8.4 车窗热传递系数

车窗的热传递系数（ $\tau$ ）为透过车窗的传热率，该系数应小于或等于太阳入射热流的60%。

### 8.5 安全装置

#### 8.5.1 制热单元

为防止制热单元温度异常上升，应配备安全保护装置，该安全保护装置一旦启动，应能将制热单元附近的温度控制在安全范围内，当温度超出保护限制时，安全保护装置应切断向制热单元供电的电路。

#### 8.5.2 制冷单元

制冷单元应配备安全装置以防止制冷剂高压侧压力的异常增大及低压侧压力的异常降低。

#### 8.5.3 紧急通风

设有紧急通风装置的车辆若无辅助供电，通风单元不能确保新风的输送，紧急通风装置应向车内提供新风，新风供风时间应在30min以上。

### 8.6 车内压力和压力波

时速达到 160km/h 以上的车辆，静止状态下，车辆所有对外的孔洞处于正常状态，所有与通风、排风相关的通风机全部启动，车内应保持在正压 10Pa 以上。

当要求有压力波保护时，车辆和空调装置应保证车内不会发生急剧的压力变化。车辆内部宜应满足以下条件：

- a)  $\Delta P \leq 500\text{Pa}$ ，其中  $\Delta P$  为 1s 内的最大压力变化；
- b)  $\Delta P \leq 800\text{Pa}$ ，其中  $\Delta P$  为 3s 内的最大压力变化；
- c)  $\Delta P \leq 1000\text{Pa}$ ，其中  $\Delta P$  为 10s 内的最大压力变化；
- d)  $\Delta P \leq 2000\text{Pa}$ ，其中  $\Delta P$  为超过 60s 内的最大压力变化。

## 8.7 防水、雪和灰尘

应采取预防措施来限制冷凝水、雨水、洗涤设备用水、雪或灰尘的渗透和滞留，以防引起装置发生故障。

## 9 试验

### 9.1 试验准备

正式试验前应进行初步试验，验证电气和电子元器件与控制系统的功能逻辑、空气分配系统的气密性，车辆的水密性及空调设备的功能。在实施舒适度试验前应首先执行这些试验。

在测试空调系统时，其它设备状态应正常。

### 9.2 空气运动试验

#### 9.2.1 测试条件

试验应在以下条件下进行：

- a) 车辆静止，免受恶劣天气影响；
- b) 海拔高度小于 1500m；
- c) 外部风速在 0km/h 到 5km/h 之间；
- d) 外部温度在 15°C 到 30°C 之间。

#### 9.2.2 空气流量

应按 11.6 的规定测量以下流量：

- a) 新风；
- b) 排风（若适用时在可能的地方测量）；
- c) 混合风；
- d) 回风（若适用时在可能的地方测量）。

#### 9.2.3 压差

两个指定区域之间的压力差可以通过烟气流动的方式显现，以验证空调系统的设计是否能有效阻止不良气味的传播，尤其是在餐车厨房、允许吸烟区、厕所以及为技术目的设置的区域（如司机室）。

#### 9.2.4 气流速度试验

##### 9.2.4.1 临界气流速度测量

测试目的是为了测定舒适区中的至少3处不舒适的位置，测试方法应符合附录D的规定。

##### 9.2.4.2 气流速度测量

按9.3.4的规定，在无旅客时的调节试验中进行气流速度的测试。

#### 9.3 气候试验

##### 9.3.1 概述

利用静态试验和动态试验评价铁路客车及动车组空调系统的功能、性能和可靠性。

静态试验可在气候实验室完成，动态试验可在气候风洞或室外环境完成。

试验程序应符合附录E的规定。

整个试验过程应连续记录以下数据：

- a) 第12章中规定的每一个测点的所有测试值；
- b) 空调系统的消耗功率。

其他相关试验不应妨碍空调系统的试验测试。

##### 9.3.2 预热试验

预热试验条件应符合附录E的规定。

预热试验开始前，室内空气和车辆内部表面的温度应与外部的空气温度相同（内外温差小于或等于3K），而且应至少保持稳定状态1h，温度波动范围为±1K。

##### 9.3.3 预冷试验

预冷试验条件应符合附录E的规定。

预冷试验开始前，室内空气和车辆内部表面的温度应与外部的空气温度相同（内外温差小于或等于3K），而且应至少保持稳定状态1h，温度波动范围为±1K。

满足上述条件下，预冷试验开始前车辆应在车门和车窗关闭的情况下让阳光照射2h，模拟太阳辐射强度应符合表2的规定。

##### 9.3.4 调节试验

###### 9.3.4.1 试验程序

空调系统应处于稳定状态，将车内设定温度（ $T_{ic}$ ）设定为无偏置，开始调节试验。在此前提下，按第7

章规定的舒适度参数要求，试验时间至少90min或进行3个完整的调节循环，平均内部温度（ $T_{im}$ ）应没有大的变化。

车内舒适度参数测试结果应符合第7章规定的舒适条件。

### 9.3.4.2 制热性能试验

9.3.4.2.1 在表8规定的气候条件下进行制热试验。

表8 制热性能试验气候条件

单位为摄氏度

区间 I	区间 II	区间 III
温度	温度	温度
—	-25	-40
—	—	-35
-10	-10	-10
0	0	0
+10	+10	+10

采用热泵机组制热时，-10℃、0℃、+10℃气候条件下，其外部空气相对湿度应为80%。

9.3.4.2.2 当调节温度装置将名义室温从平均值调向最大或最小值，应符合第7章中相关规定。

9.3.4.2.3 为测试设有包间温度调节的车辆温度变化规律，宜将20%~30%的包间温度设定为最大值，车内其余部分包间温度设定为最小值。然后再反过来设置，即将70%~80%包间温度设定为最大值，车内其余部分包间温度设定为最小值。

9.3.4.2.4 为测试载客率对温度调节系统的影响，应按10.1的规定分别在满载和部分载客状态下进行调节试验。

9.3.4.2.5 为确定空调系统的性能和效率、车体的气密性以及空气流通孔道周围条件的影响，应在有风的条件下进行调节试验。

### 9.3.4.3 制冷性能试验

9.3.4.3.1 在表9规定的气候条件下进行制冷试验。

表9 制冷性能试验气候条件

区间 I			区间 II			区间 III		
干球温度 ℃	相对湿度 %	等效太阳 辐射强度 W/m <sup>2</sup>	干球温度 ℃	相对湿度 %	等效太阳 辐射强度 W/m <sup>2</sup>	干球温度 ℃	相对湿度 %	等效太阳 辐射强度 W/m <sup>2</sup>
40	46	800	35	60	700	28	50	600
28	70	600	28	70	600	22	80	500
22	80	500	22	80	500	—	—	—

- 9.3.4.3.2 当调节温度装置将名义室温从平均值调向最大或最小值，应符合第7章中相关规定。
- 9.3.4.3.3 为测试设有包间温度调节的车辆温度变化规律，宜将20%~30%的包间温度设定为最大值，车内其余部分包间温度设定为最小值。然后再反过来设置，即将70%~80%包间温度设定为最大值，车内其余部分包间温度设定为最小值。
- 9.3.4.3.4 为测试载客率对温度调节系统的影响，应按10.1的规定分别在满载和部分载客状态下进行调节试验。
- 9.3.4.3.5 为尽可能确定空调系统的性能和效率、车体的气密性以及空气流通孔道周围条件的影响，应在有风的条件下进行调节试验。
- 9.3.4.3.6 为测试太阳辐射对控制系统的影响，应在日光照射的条件下进行试验。第一个试验连续日光照射时间应至少为4h，后续试验应按9.3.4.1的要求进行。

#### 9.3.4.4 外部温度变化试验

调节试验进行时，外温应以大约3K/h的速率降低或者升高，以便检查空调装置的性能及其控制系统在制冷模式与采暖模式转换时的设备运转情况。此时有无因车辆乘客热负荷和模拟太阳辐射造成的附加干扰均可。

上述试验还可以同时确定采暖与制冷模式相互转换的条件，与转换点相应的平均外部温度（ $T_{em}$ ）应持续保持稳定30min以上。

#### 9.3.5 极端外部条件下的性能试验

应按5.2规定的极端条件进行空调装置的操作试验。

气候区III不进行极端低温功能试验。

### 9.4 隔热性能试验

#### 9.4.1 总传热系数的计算

总传热系数（ $k$ ）计算公式如下：

$$k = \frac{P}{A_e \times (T_{im} - T_{em})} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$A_e$ ——车体隔热壁的外表面面积，包括整个（或者需要考虑部分）车体的车顶、地板、车体两侧墙和端墙，特殊车型的表面应由试验委托方和试验承接方协商一致，单位为平方米（ $m^2$ ）；

$T_{im}$ ——平均车内温度，按照附录 F 规定布置测量点，在车辆的地板（或者相应部分）以上 1.1m 的高度测得，单位为摄氏度（ $^{\circ}C$ ）；

$T_{em}$ ——平均外部温度，参照附录 G 规定布置测量点，测点距离侧墙 10cm，单位为摄氏度（ $^{\circ}C$ ）；

$P$ ——在稳定状态下保持平均车内温度（ $T_{im}$ ）与平均外部温度（ $T_{em}$ ）的温差需要提供的热功率，单位为瓦（W）。

## 9.4.2 试验程序

新风和排气的孔口关闭或密封但不隔热保温，关闭车辆电源（蓄电池除外），关闭车门和车窗，关闭贯通道门或用  $k$  值小于  $0.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  的材料封堵。

车辆内部的加热应采用独立可调节的低辐射加热单元（加热器件），加热单元应放置于车内。使用风扇确保车辆内部空气流动，风扇应放置于加热装置的上方或侧面。

分别记录加热单元和风扇的功率消耗。

测量时，车辆应静止（气候室内风速不大于  $15\text{ km/h}$ ），外表面有持续的气流。

所有被测参数至少每分钟记录一次，车内外温差  $|T_{im} - T_{em}|$  应在  $25\text{K} \pm 5\text{K}$  的范围内。

此试验宜在  $T_{em} = +5^\circ\text{C} \pm 2\text{K}$  情况下进行。

加热器和风扇的输出应保持稳定，在温度达到以下稳定状态即可确定  $k$  值：

- a) 以  $30\text{min}$  为一个间隔，测定并计算  $T_{em}$  和  $|T_{im} - T_{em}|$  的算术平均值，至少  $3\text{h}$  周期内这些数值变化应小于等于  $0.1\text{K}$ ；
- b) 不同测量点（内部或外部）的温差值应小于  $3\text{K}$ ；
- c) 宜采用温度稳定的最后  $1\text{h}$  所测得的数据计算  $k$  值。

## 9.5 运行车辆制冷性能试验

### 9.5.1 试验条件

制冷运行试验期间车外温度为  $35^\circ\text{C} \pm 5\text{K}$ ，相对湿度为  $60\% \pm 30\%$ 。特殊情况下可以超过限值，但干球温度不得低于下限值。试验宜在有阳光的气候状态下进行。

在与车辆速度等级相匹配线路上保持正常运行时，夏季制冷运行时间宜在  $9\text{时} \sim 17\text{时}$  进行。

### 9.5.2 空车降温速率测定

车辆静止，不载客，空调控制装置置于手动或自动全冷模式。试验前被试车辆置于阳光照射下，开启门窗，使车辆充分吸热，空调系统置于通风状态，待车内温度达到测试工况规定的温度，并保持  $1\text{小时}$  后关闭门窗。当试验场地的外气温度低于设计工况规定的温度且没有阳光时，可用车内模拟旅客显热的电加热设备对车内空气进行升温，使车内温度达到设计工况规定的温度。

开始空车降温速率试验前，关闭模拟旅客显热的电加热设备电源，关闭新风门。

先记录一组车内外温湿度等原始数据，然后开启空调装置，每隔  $10\text{min}$  测量一次温度、相对湿度、电流、电压及功率等参数，记录时间不少于  $70\text{min}$  或达到车内设定温度值  $+2\text{K}$ 。

### 9.5.3 舒适区的气流速度测定

车内舒适区气流速度的测点布置应符合附录H的规定。每个测量点应顺序测定两次，并标出每次的平均值。两次平均值的相对偏差应不超过  $10\%$ 。

### 9.5.4 车辆运行空调控制置于手动位试验

车内模拟旅客热负荷的加热加湿设备均匀布置在车内，加热加湿设备的功率调节到计算要求的值。

对于手动位有全冷、半冷、通风、全暖、半暖等位置的控制器，开始试验时将手动控制置于全冷位，当车内温度达到设计要求温度减2K后，将手动控制置于半冷位，当车内温度达到设计要求温度加2K后，将手动控制置于全冷位，通过手动控制保持车内平均温度在车内设置温度 ( $T_{ic}$ )  $\pm$ 2K左右。

对于手动位有温控器设置值的控制器，开始试验时将温控器设置值置于设计要求的车内设置温度 ( $T_{ic}$ )，设置手动温控器的车内温度控温范围为车内设置温度 ( $T_{ic}$ )  $\pm$ 2K，开启空调机组制冷。

试验中，在连续1h以上车外温度参数符合9.5.1的条件下所测定的试验数据方为有效。

#### 9.5.5 车辆运行空调控制置于自动位试验

车内模拟旅客热负荷的加热加湿设备均匀布置在车内，加热加湿设备的功率调节到计算要求的值。

开始试验时将恒温控制器（如有）或空调控制器（板）置于自动位，车内温度设置值置于设计要求的车内设置温度 ( $T_{ic}$ )，设置车内温度控温范围为车内设置温度 ( $T_{ic}$ )  $\pm$ 2K，开启空调机组制冷。

试验中，在连续1h以上车外温度参数符合9.5.1的条件下所测定的试验数据方为有效。

### 9.6 运行车辆采暖性能试验

#### 9.6.1 试验条件

采暖运行试验期间，静止试验车外温度宜为 0℃以下，运行试验车外温度宜为设计规定最低温度+15K以下，特殊情况下运行试验车外温度可在-5℃以下。试验宜在无阳光的气候状态下进行。

在与车辆速度等级相匹配线路上保持正常运行时，冬季采暖运行时间宜在 19 时~次日 6 时进行。

#### 9.6.2 空车升温速率测定

车辆静止，不载客，空调控制装置置于手动或自动全暖模式。被试车辆置于无太阳辐射的地方，开启门窗，使车辆充分散热降温，将空调系统置于通风状态，待车内温度达到0℃ $\pm$ 1k，并保持1h后关闭门窗，关闭新风门，开始空车升温速率试验，开机前，先记录一组车内外温度原始数据，然后开启空调装置（含客室采暖装置），每隔10min测量一次温度、电流、电压及功率，记录时间不少于70min或车内平均温度达到18℃以上。

进行空车升温速率试验前，车内温度要控制在-1℃以上，以防车内水管和存水设备冻坏。

#### 9.6.3 舒适区的气流速度测定

车内舒适区气流速度的测点布置应符合附录H的规定。每个测量点应顺序测定两次，并标出每次的平均值。两次平均值的相对偏差应不超过10%。

#### 9.6.4 车辆运行采暖控制置于手动位试验

对于手动位有全冷、半冷、通风、全暖、半暖等位置的控制器，开始试验时将手动控制置于全暖位，当车内温度达到设计要求温度+2K后，将手动控制置于半暖位，当车内温度达到设计要求温度-2K后，将手动控制置于全暖位，通过手动控制保持车内平均温度在车内设置温度 ( $T_{ic}$ )  $\pm$ 2K左右。



对于手动位有温控器设置值的控制器，开始试验时将温控器设置值置于设计要求的车内设置温度 ( $T_{ic}$ )，设置手动温控器的车内温度控温范围为车内设置温度 ( $T_{ic}$ )  $\pm$  2K，开启空调装置（含客室采暖装置）进行制热。

试验中，在连续1h以上车外温度参数符合9.6.1的条件下所测定的试验数据方为有效。

#### 9.6.5 车辆运行采暖控制置于自动位试验

开始试验时将恒温控制器（如有时）或空调控制器（板）置于自动位，车内温度设置值置于设计要求的车内设置温度 ( $T_{ic}$ )，设置车内温度控温范围为车内设置温度 ( $T_{ic}$ )  $\pm$  2K，开启空调装置（含客室采暖装置）进行制热。

试验中，在连续1h以上车外温度参数符合9.6.1的条件下所测定的试验数据方为有效。

#### 9.7 车内空气中二氧化碳容积浓度测定

每10min测量一次，连续测量9次，取其平均值作为该车内空气中二氧化碳的容积浓度值，被试车辆的旅客乘坐率应在90%以上。

#### 9.8 车内空气中含尘量测定

采用滤膜称重法或颗粒统计方法。采样需在车内卫生状态良好，人员流动不大的情况下进行。采用滤膜称重法时，采样流量为40L/min，采样时间不小于25min，采样后滤膜增加重量的平均值作为该车的含尘量，被试车辆的旅客乘坐率应在90%以上。

进行车内含尘量测定时，在始发站或到达站对车外环境空气的含尘量进行测定，作为背景含尘量。如果背景含尘量达到或超过GB 3095-2012中规定的总悬浮颗粒物（TSP）24小时平均浓度限值二级（ $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）的要求，车内含尘量测试结果无效。

### 10 试验设备的特性

#### 10.1 乘客负荷

应根据附录 I 对乘客负荷（全部或部分）进行模拟。

模拟显热时，应使用表面温度低于+40 °C的低辐射设备。

应通过水蒸气模拟潜热。水蒸气产生设备引起的显热，应作为模拟显热的一部分。

#### 10.2 气候室温度均匀性

在稳定状态下的试验期间，气候室的温度随时间的波动应控制在 $\pm 0.5\text{K}$ 之内。

在无太阳热负荷和车辆制冷、制热设备工作的情况下，在附录 G 中规定的测量点处所注明的温度范围，所有温度测点的温差均应小于或等于 3K。

为测试气候室温度分布情况（最热和最冷的测量点之间的温差），确定平均外部温度 ( $T_{em}$ ) 需要的测试参数应符合 12.2 中相关规定。

### 10.3 气候室相对湿度

制冷试验过程中（稳定状态），气候室内空气相对湿度偏差应控制在±5%以内。

### 10.4 模拟太阳辐射强度

模拟太阳辐射可采用以下两种方法，优先采用方法 A，当无试验条件时可采用 B。

方法 A：模拟太阳辐射的设备是在参照地面辐射强度的“总辐射”为 1120 W/m<sup>2</sup>的基础上，由具备表 10 所述特性的灯泡组成，太阳辐射灯布置和计算应符合附录 J 规定。

表 10 太阳辐射灯特性

波长 nm	总辐射等级以地面辐射的百分数表示	允许偏差
280 到 400	6.1%	± 3%
400 到 800	51.8%	± 5%
800 到 3000	42.1%	± 5%

方法 B：通过在车内地板上均匀布置电加热器来模拟太阳辐射热量，每台电加热器输入功率应不超过 500 W，其计算方法如公式（2）：

$$\phi = K_{CD} \cdot F_{CD} \frac{\varepsilon_{CD}}{\alpha_w} J_{CD} + K_{CQ} \cdot F_{CQ} \frac{\varepsilon_{CQ}}{\alpha_w} J_{CQ} + K_{DB} \cdot F_{DB} \frac{\varepsilon_{DB}}{\alpha_w} J_{DB} + K_{CM} \cdot F_{CM} \frac{\varepsilon_{CM}}{\alpha_w} J_{CQ} \dots\dots\dots (2)$$

$$+ D \cdot \sigma \cdot F_{CH} \cdot J_{CQ}$$

式中：

$\phi$ ——进入车内的太阳辐射热，单位为瓦（W）；

$K_{CD}$ 、 $K_{CQ}$ 、 $K_{DB}$ 、 $K_{CM}$ ——车顶、侧墙、地板、车门的传热系数，单位为瓦每平方米开[W/（m<sup>2</sup>·k）]；

$F_{CD}$ 、 $F_{CQ}$ 、 $F_{DB}$ 、 $F_{CH}$ 、 $F_{CM}$ ——车顶、一侧侧墙、地板、一侧车窗和一侧车门的传热面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；

$\varepsilon_{CD}$ 、 $\varepsilon_{CQ}$ 、 $\varepsilon_{DB}$ 、 $\varepsilon_{CM}$ ——车顶、侧墙、地板和车门的阳光吸收系数；

$J_{CD}$ 、 $J_{CQ}$ 、 $J_{DB}$ ——车顶、一侧侧墙、地板外表面上的太阳辐射强度，单位为瓦每平方米（W/m<sup>2</sup>）；

$D$ ——玻璃透光系数；

$\sigma$ ——遮光系数；

$\alpha_w$ ——车体外表面换热系数，单位为瓦每平方米开[W/（m<sup>2</sup>·k）]。

## 11 测量仪器

### 11.1 一般要求

测量仪器宜能连续记录测量的数据。连续记录数据采样间隔应不大于 1min。

## 11.2 空气温度

空气温度测量仪器应符合 ISO 7726:1998 表 2 的 S 级规定，整个记录期间测温仪器的最大偏差为±0.25K。

## 11.3 表面温度

测量表面温度时应采取预防外部干扰的措施，防止诸如热量的辐射、对流和传导之类的外部影响。测量仪器应符合 ISO 7726:2001 表 2 的 S 级规定。

## 11.4 相对湿度

相对湿度测量仪器应符合 ISO 7726:2001 表 2 的 C 级规定。

## 11.5 气流速度

空气流速测量仪器应符合 ISO 7726:2001 表 2 的 C 级规定。

测量仪器宜能连续记录空气流速数据。若连续记录，采样记录周期至少为 20s，数据采样间隔不应大于 1s，以采样周期内的算术平均值作为测点空气流速。

## 11.6 空气流量

应采用精度不低于 5%的测量仪器（不必对这些测量值进行连续记录）。

## 11.7 当量太阳负荷

应采用精度不低于 10%的测量仪器。

## 11.8 能耗和功率

应采用精度不低于 1%的测量仪器。

## 11.9 压差

应采用精度不低于 1%的测量仪器。

## 11.10 二氧化碳

二氧化碳含量测试仪器测量偏差不应大于测量上限的±5%，稳定性要求每 12h 漂移小于 5%，响应时间小于 15s。

## 11.11 含尘量

含尘量测试仪的精度应达到±5%。

## 12 测量点的布置

### 12.1 车内测点

#### 12.1.1 舒适区的温度测点

应按附录 F、附录 H 和附录 K 的规定进行布置。

#### 12.1.2 表面温度测点

应按附录 L 的规定进行布置。

#### 12.1.3 送风口的温度测点

初步试验应测定出最热的点，并在最热点进行测量。

#### 12.1.4 舒适区的气流速度测点

应按附录 D 的规定进行布置。

#### 12.1.5 舒适区的相对湿度测点

应按附录 K 的规定，将测点布置在包间的几何中心。

### 12.2 气候室内测点

应按附录 G 布置所有用于计算车外平均温度 ( $T_{em}$ )、相对湿度和风速的测量点。

### 12.3 车内二氧化碳容积浓度测点

在客室 3 个测温断面中央距离地板 1.5m 处布置 3 个测点。

### 12.4 车内空气中粉尘含量测点

在客室 3 个测温断面中央距离地板 1.5m 处布置 3 个测点。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/427133000105006144>